

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Энергетический

Направление подготовки – 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Кафедра – Автоматизация теплоэнергетических процессов

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка эффективности применения тонкораспыленной воды в автоматических водяных завесах на взрыво- и пожароопасных производствах

УДК 614.842.6.002.5-52:622.692.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ4Д	Няшина Галина Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-исследователь каф. АТП	Глушков Дмитрий Олегович	к.ф-м.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Попова Светлана Николаевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Антоневич Ольга Алексеевна	к. б. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
магистра по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	Универсальные компетенции	
P1	Использовать представления о методологических основах научного познания и творчества, анализировать, синтезировать и критически оценивать знания	Требования ФГОС (ОК- 8, 9; ПК-4), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3; ПК-8, 24), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации, осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки	Требования ФГОС (ОК-4, 5; ПК-3, 16, 17, 25, 27, 28, 32), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития.	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
	Профессиональные компетенции	
P6	Использовать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и применения инновационных технологий в теплоэнергетике	Требования ФГОС (ПК-1, 5), Критерии 5 АИОР (п.1.1), согласованные с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P7	Применять глубокие знания в области современных технологий теплоэнергетического производства для постановки и решения задач инженерного анализа, связанных с созданием и эксплуатацией теплотехнического и теплотехнологического оборудования и установок, с использованием системного	Требования ФГОС (ПК-2, 7, 11, 18 – 20, 29, 31), Критерий 5 АИОР (пп.1.1, 1.2, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

	анализа и моделирования объектов и процессов теплоэнергетики	
P8	Разрабатывать и планировать к разработке технологические процессы, проектировать и использовать новое теплотехнологическое оборудование и теплотехнические установки, в том числе с применением компьютерных и информационных технологий	Требования ФГОС (ПК-9, 10, 12 – 15, 30), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Использовать современные достижения науки и передовой технологии в теоретических и экспериментальных научных исследованиях, интерпретировать и представлять их результаты, давать практические рекомендации по внедрению в производство	Требования ФГОС (ПК-6, 22 – 24,), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Применять методы и средства автоматизированных систем управления производства, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на теплоэнергетическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-21, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Готовность к педагогической деятельности в области профессиональной подготовки	Требования ФГОС (ПК-32), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Энергетический

Направление подготовки – 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Кафедра – Автоматизации теплоэнергетических процессов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Стрижак П. А.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ4Д	Няшиной Галине Сергеевне

Тема работы:

Оценка эффективности применения тонкораспыленной воды в автоматических водяных
завесах на взрыво- и пожароопасных производствах

Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.01.2016, № 488/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Наливная насосная станция предназначена для внутрибазовых перекачек нефти и нефтепродуктов из одной группы резервуаров в другую, для налива и слива железнодорожных и автомобильных цистерн и наливных судов. Количество насосных агрегатов – 3 шт. При разработке автоматизированной системы управления пожаротушением на основе тонкораспыленных водных потоков предусмотрено использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и управления системой.
---------------------------------	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Анализ современных методов и систем тушения пожаров на нефтяных объектах. 2) Описание разработанного экспериментального стенда и методики исследования закономерностей фазовых превращений и процессов тепломассопереноса при движении капельных водяных потоков через пламена типичных нефтепродуктов. 3) Анализ полученных результатов и определение необходимых и достаточных условий для эффективного тушения пламен нефти и нефтепродуктов тонкораспыленными капельными потоками. 4) Описание объекта автоматизации. 5) Разработка структурной схемы автоматизированной системы управления пожаротушением. 6) Разработка функциональной схемы автоматизированной системы управления пожаротушением. 7) Составление заказной спецификации приборов и средств автоматизации. 8) Разработка принципиальной электрической схемы щита управления. 9) Разработка общего вида щита управления. 10) Разработка монтажной схемы внешних проводок. 11) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 12) Социальная ответственность.
<p>Перечень графического материала</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) План расположения оборудования в помещении наливной насосной станции 2) Схема функциональная АСУ ПТ 3) Схема электрических соединений щита управления 4) Схема монтажная внешних проводок 5) Схема общего вида щита управления
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работ</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Попова Светлана Николаевна, к.э.н., доцент</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Антоневич Ольга Алексеевна, к.б.н., доцент</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Анализ современных методов и систем тушения пожаров на нефтяных объектах</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-исследователь каф. АТП	Глушков Дмитрий Олегович	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ4Д	Няшина Галина Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 169 с., 33 рис., 33 табл., 110 источников, 4 прил.

Ключевые слова: пожар, тонкораспыленная вода, интенсивность испарение, автоматизированная система управления пожаротушением, нефть, наливная насосная станция.

Цель работы – оценка эффективности тушения пожаров на взрывопожароопасных производствах путем применения систем на базе тонкораспыленных водных струй, а также разработка автоматической системы пожаротушения с внедрением данной технологии.

В процессе экспериментальных исследований рассматривались закономерности фазовых превращений и процессы тепломассопереноса при движении капельных водяных потоков через пламена нефти и нефтепродуктов.

В результате исследования определены необходимые и достаточные условия для эффективного подавления пламен нефтепродуктов тонкораспыленными потоками, на основе которых была разработана автоматизированная система управления пожаротушением (АСУ ПТ).

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: для эффективного подавления очага возгорания типичных горючих жидкостей и нефтепродуктов высотой 2 – 3 метра целесообразно применять полидисперсные капельные потоки со следующими параметрами распыла: $0,2 \text{ мм} < R_m < 0,25 \text{ мм}$, $2 \text{ м/с} < U_m < 2,5 \text{ м/с}$, $0,000015 \text{ м}^3 \text{ воды/м}^3 \text{ газа} < \gamma_{in} < 0,00002 \text{ м}^3 \text{ воды/м}^3 \text{ газа}$.

Степень внедрения: результаты работы предлагается использовать при разработке и реализации системы пожаротушения.

Область применения: предприятия нефтяного комплекса, топливно-энергетический сектор.

Экономическая эффективность/значимость работы: сумма затрат на восстановление станции в случае пожара превышает затраты на систему пожаротушения почти в 5 раз. Данный показатель свидетельствует о целесообразности установки подобной системы, о ее необходимости и значимости.

В будущем планируется проведение натуральных испытаний и подтверждение полученных результатов.

Исследования выполнены в рамках гранта Российского научного фонда (проект № 14-39-00003).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АПС – автоматическая пожарная сигнализация;

АРМ – автоматизированное рабочее место оператора;

АСУ ПТ – автоматизированная система управления пожаротушением;

ВВП – валовый внутренний продукт;

ГЖ – горючие жидкости;

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость;

МПСА – микропроцессорные средства автоматики;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ПК – персональный компьютер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ТАВ – температурно-активированная вода;

ТРВ – тонкораспыленная вода;

PIV – Particle Image Velocimetry

PTV – Particle Tracking Velocimetry

SP – Shadow Photography

H – расстояние от основания цилиндрического канала, м;

R_m – условный средний размер (радиус) капель распыленной воды, мм;

R_m^* – условный средний размер (радиус) капель распыленной воды на выходе из зоны высокотемпературных газов, мм;

S – масштабный коэффициент, мм/пикс;

T_g – температура газов (продуктов сгорания), К;

T_w – температура воды, К;

U_g – скорость движения газов (продуктов сгорания), м/с;

U_m – скорость движения капель распыленной жидкости, м/с;

ΔR – параметр, характеризующий уменьшение размера капель при движении через высокотемпературную газовую область;

γ_{in} – начальная концентрация капель воды в потоке, м³ воды/ м³ газа.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СИСТЕМ ТУШЕНИЯ ПОЖАРО НА НЕФТЯНЫХ ОБЪЕКТАХ.....	15
2 РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	26
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ И ДОСТАТОЧНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПОДАВЛЕНИЯ ПЛАМЕН НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ТОНКОРАСПЫЛЕННЫМИ КАПЕЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ.....	38
4 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ.....	48
5 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ	53
6 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ И СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКАЗНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	57
6.1 Разработка функциональной схемы.....	57
6.2 Выбор оборудования нижнего уровня автоматизации	62
6.3 Составление заказной спецификации приборов.....	82
7 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЙ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ	83
8 РАЗРАБОТКА ОБЩЕГО ВИДА ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ	86
9 РАЗРАБОТКА МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ ВНЕШНИХ ПРОВОДОК.....	89
10 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	71
10.1 Техничко-экономическое обоснование проекта.....	71
10.2 Расчет срока окупаемости.....	102
11 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	105
11.1 Производственная безопасность.....	108
11.2 Экологическая безопасность проекта	118

11.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях	120
11.4 Законодательное регулирование проектных решений.....	123
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	127
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ.....	128
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	130
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Experimental evaluation of the effectiveness of water mist automated fire extinguishing systems for explosion and fire industries.....	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Заказная спецификация приборов и средств автоматизации.....	157
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Перечень элементов щита управления.....	162
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Спецификация оборудования щита управления	166

Графический материал:	На отдельных листах
ФЮРА.421000.005 ДМ1 Схема экспериментального стенда и основные результаты исследования	
ФЮРА.421000.005 С1 План расположения оборудования в помещении наливной насосной станции	
ФЮРА.421000.005 С1 Схема функциональная	
ФЮРА.421000.005 Э3 Схема электрических соединений щита управления	
ФЮРА.421000.005 С4 Схема монтажная внешних проводок	
ФЮРА.421000.005 ВО Общий вид щита управления	

ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазовый комплекс Российской Федерации является одним из наиболее важных элементов экономики страны. В его состав входят нефтедобывающие предприятия, нефтеперерабатывающие заводы и предприятия по транспортировке, сбыту нефти и нефтепродуктов. В отрасли действуют 28 крупных нефтеперерабатывающих заводов (мощность от 1 млн. т/год), тысячи мини-НПЗ и заводов по производству масел. Протяженность магистральных нефтепроводов составляет около 50 тыс. км, нефтепродуктопроводов – 19,3 тыс. Добычу нефти осуществляют более 300 организаций [1].

Добыча нефти в России растет с каждым годом, тем самым определяя данную отрасль как одну из самых перспективных, обеспечивающих существенную часть дохода в ВВП страны. Поэтому задача обеспечения и поддержания ее безопасности на высоком уровне является одной из приоритетных для государства.

Предприятия нефтяного комплекса характеризуются присутствием пожаро-взрывоопасных продуктов и горючих жидкостей, что в совокупности с высокой степенью использования средств автоматики, создают реальную опасность возникновения крупных техногенных аварий и катастроф. Как правило, они сопровождаются пожарами и взрывами. Так, например, на типовом нефтеперерабатывающем заводе мощностью до 10-15 млн. тонн в год может находиться от 300 до 500 тыс. тонн углеводородного топлива, что практически эквивалентно 3-5 мегатонн взрывчатого вещества [2].

Пожары на объектах нефтяной отрасли характеризуются значительными материальными убытками и человеческими жертвами. Несмотря на развитие соответствующих технологий, к сожалению, за последнее время отмечается некоторый рост данных показателей. Согласно проведенному анализу [3] данных Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, за 2007-2011 гг. произошло 84 опасных события, в том числе 41 взрыв

(49 % от общего количества опасных событий), 30 пожаров (36 %) и 13 аварий с выбросом опасных веществ (15 %). Общий материальный ущерб только за 2011 г. составил более 1 млрд. руб. События с большим материальным ущербом и гибелью людей происходят нечасто – всего три: взрыв этилена на ООО "Томскнефтехим", 2007 г. (ущерб 143 млн. руб.), взрыв на ООО "Киришинефтергсинтез", 2008г. (ущерб 118 млн. руб.; 5 человек погибли); взрыв и пожар на ООО "Ставролен", 2008 г. (ущерб 226 млн. руб. 4 человека погибли) [3]. Как правило, ущерб находится в границах 1-3 млн. руб.

По данным Академии ГПС МЧС России [3], основными причинами возникновения взрыво-пожарной ситуации является человеческий фактор (нарушение правил техники безопасности, некачественный монтаж и ремонт оборудования). На рисунке 1 представлена диаграмма опасных событий на объектах нефтяной отрасли.

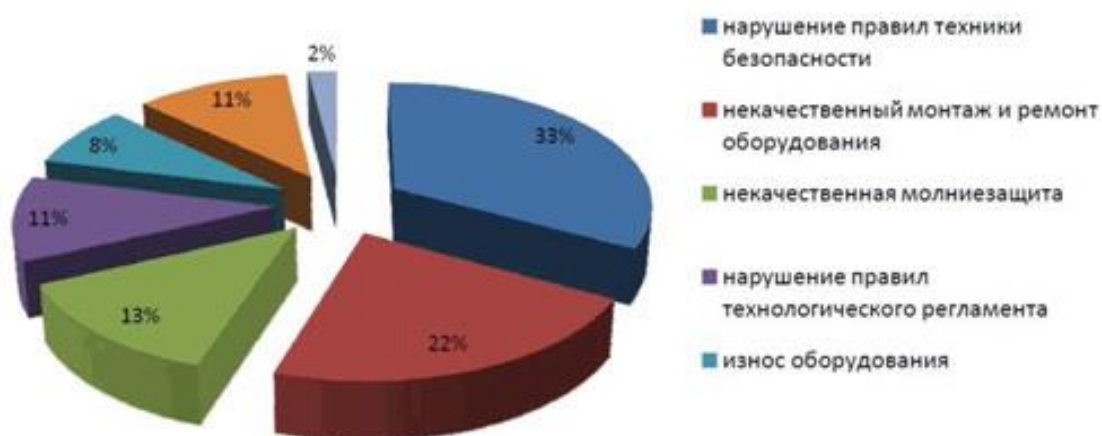


Рисунок 1. Статистика причин опасных событий на объектах нефтегазовой отрасли по данным Академии ГПС МЧС РФ

Ниже приведены обобщенные данные [4] по распределению количества аварий на элементах нефтяных объектов (таблица 1).

Таблица 1. Распределение аварий по элементам технологического оборудования нефтяных объектов

Оборудование	Количество аварий, %
Технологические трубопроводы	31,2
Насосные станции	18,9
Емкостные аппараты (теплообменники, дегидраторы)	15,0
Печи	11,4
Ректификационные, вакуумные и прочие колонны	11,2
Промканализация	8,5
Резервуарные парки	3,8

Таким образом, обеспечение промышленной безопасности в нефтяной отрасли представляет собой важную задачу, имеющую государственный масштаб. Качественное проектирование систем противопожарной защиты – ключевой элемент обеспечения промышленной безопасности. Но зачастую даже хорошо сконструированные и построенные системы не могут гарантировать всестороннюю защиту от пожара – возникает необходимость в современных технологиях и средствах пожаротушения для эффективного подавления последнего.

Создание эффективной системы противопожарной защиты на опасных производственных объектах нефтяной промышленности является необходимым условием функционирования подобных структур. Технологии в этой области постоянно совершенствуются, что позволяет отраслевым подразделениям обеспечить более надежный подход к эксплуатации оборудования, резко уменьшить количество аварий, вызванных глобальными пожарами или локальными возгораниями, и, самое главное, защитить персонал от несчастных случаев, влияющих не только на здоровье, но и их жизнь. В связи с вышеизложенным разработка эффективных систем (критериями которых могут является минимизация температур пламени, объемов затраченной воды, вреда, нанесенного рабочему персоналу) пожарной безопасности на объектах нефтяной отрасли, является актуальной задачей.

Цель данной работы – оценка эффективности тушения пожаров на взрывопожароопасных производствах путем применения систем на базе тонкораспыленных водных струй, а также разработка автоматической системы пожаротушения с внедрением данной технологии.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- Анализ современных методов и систем тушения пожаров на нефтяных объектах.
- Разработка экспериментального стенда и методик исследования процессов испарения и разворота потоков жидкости при движении через пламена нефти и нефтепродуктов.
- Экспериментальное исследование фазовых превращений капель воды при прохождении через продукты сгорания типичных нефтепродуктов с варьируемыми параметрами исследуемых процессов.
- Анализ полученных результатов и определение необходимых и достаточных условий для эффективного подавления пламен нефти и нефтепродуктов тонкораспыленными капельными потоками.
- Описание объекта автоматизации.
- Разработка структурной схемы системы автоматического пожаротушения тонкораспыленной водой.
- Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации приборов и средств автоматизации для системы пожаротушения.
- Разработка принципиальной электрической схемы соединений щита управления и перечня элементов.
- Разработка монтажной схемы внешних проводок.

1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СИСТЕМ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА НЕФТЯНЫХ ОБЪЕКТАХ

Нефтеперерабатывающие заводы, нефтебазы, склады и базы горючего, автозаправочные комплексы, выполняя важные функции по переработке, приему, хранению и выдаче нефтепродуктов, являются объектами повышенной взрывопожарной и пожарной опасности [5]. Для предотвращения чрезвычайных ситуаций при пожаре и своевременной ликвидации очагов возгораний необходимы современные системы пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения [6].

Для возникновения и развития пожара на рассматриваемых объектах необходимо наличие горючего вещества; окислителя (кислород; химические соединения, содержащие кислород в составе молекул, селитры, перхлораты, азотная кислота, окислы азота, фтор, бром, хлор и т.п.); источника зажигания и путей распространения пожара.

В условиях пожара горение, как правило, протекает в диффузионном режиме. Вещества и материалы при этом сгорают не полностью и наряду с частичками сажи попадают в окружающую среду в виде газообразных жидких продуктов горения.

Серьезное влияние на окружающую среду оказывают пожары в техносфере: в промышленности, на транспорте и др., так как горючие материалы чрезвычайно разнообразны по своему составу, а пожар может возникнуть практически на любом объекте [5].

К основным технологическим объектам, требующим противопожарной защиты на объектах добычи, транспорта и переработки нефти, нефтепродуктов относятся:

- товарно-сырьевые и промежуточные парки (склады) – защита шаровых и горизонтальных (цилиндрических) резервуаров со сжиженным газом и легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ), горючими жидкостями (ГЖ), находящимися под давлением;

- товарно-сырьевые и промежуточные парки (склады) – защита вертикальных резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями, горючими жидкостями, хранящимися без давления;
- открытые и закрытые сливо-наливные железнодорожные эстакады со сжиженным газом и легковоспламеняющимися жидкостями, горючими жидкостями – цистерн подвижного состава и конструкций эстакады;
- открытые сливоналивные автомобильные эстакады со сжиженным газом и легковоспламеняющимися жидкостями, горючими жидкостями – защита автомобильного транспорта и конструкций эстакады;
- наружные технологические установки (вне помещений) – защита колонных аппаратов, этажерок и транспортных трубопроводов;
- внутренние технологические установки – защита производственных и складских помещений, насосных ЛВЖ и ГЖ [5,7,8].

Одним из способов обеспечения противопожарной защиты выше указанных объектов является применение водопенных (воздушно-механическая пена и вода с добавками пенообразователя для снижения её поверхностного натяжения) средств пожаротушения [8,9]. Водопенные установки в процессе применения при тушении пожаров нефтепродуктов показали высокую эффективность.

Подача пены непосредственно в зону пожара осуществляется с помощью как стационарных лафетных стволов, так и с помощью стационарных систем, подключенных к пожарным магистралям (пенным трубопроводам), а также с помощью мобильных (переносных) установок, подключаемых к временным пенопитателям (например, пожарная автоцистерна). Для получения и подачи в защищаемые помещения пены низкой кратности с применением стационарных систем используются чаще всего пенные оросители, для подачи пены средней кратности — генераторы пены средней, для подачи пены высокой кратности — генераторы пены высокой кратности [9–11].

Подача воды производится с помощью стационарно-размещенных управляемых лафетных стволов, подключаемых к пожарным водопроводам,

мобильных (переносных) лафетных стволов, подключаемых к временным водопитателям (например, пожарная автоцистерна), а также системами по жесткой схеме орошения, в том числе используя кольца орошения, например, резервуара, колонных аппаратов. Вода применяется с целью охлаждения конструкций от перегрева либо создания водяных завес, локализирующих зону пожара. При решении задач по тушению и охлаждению, струи воды подаются непосредственно на конструкции в виде сплошных или распыленных струй [12].

В настоящее время именно системы пенного пожаротушения широко распространены на объектах нефтяной отрасли. Однако, исходя из методики получения рабочего раствора пенообразователя из пеноконцентрата с различными объёмными долями применения, состоящего в строгом выдерживании процентного соотношения воды и соответствующего пеноконцентрата при их перемешивании, вытекает главный недостаток таких систем. Он заключается в том, что готовый водный раствор пенообразователей в резервуарах и в сети трубопроводов должен перемешиваться не реже одного раза в три месяца, что приводит к необходимости приобретения специального перемешивающего оборудования и возникновению дополнительных затрат электроэнергии [9].

Также к недостаткам пенного пожаротушения можно отнести то, что в зависимости от химического состава пены, она не всегда бывает безвредной, и слив такой пены в канализацию не возможен. Необходима утилизация отходов после пожара, что затрудняет ее широкое распространение и повсеместное использование.

В тоже время сейчас активно ведутся работы по внедрению на объекты нефтяной промышленности автоматических систем противопожарной защиты с применением распыленных водных потоков [13].

Вода является безопасным и дешевым огнетушащим средством, наиболее распространенным и широко применяемым. Данное явление обусловлено уникальными физико-химическими свойствами воды, обеспечивающими ее высокую огнетушащую эффективность, дешевизну, широкое распространение в

природе. Традиционные способы подачи воды в очаг горения для тушения пожаров компактными или распыленными струями с диаметром капель воды 1 мм и более малоэффективны. Подаваемая в очаг горения вода в этом случае не полностью участвует в процессе тушения пламени пожара и охлаждении горячей поверхности, а просто стекает по поверхности горящего твердого горючего материала или проходит через слой горячей жидкости. Эффективность применения воды при тушении пожаров существенно возрастает с уменьшением диаметра ее капель [14]. По оценкам специалистов коэффициент использования воды, подаваемой в виде компактных струй в очаг пожара, не превышает 10 %.

На данный момент в России также ведутся интенсивные разработки по улучшению огнетушащих свойств воды [15,16]. Анализ технической информации по существующим и разрабатываемым средствам пожаротушения, показывает, что практически все проводимые в настоящее время в мире исследования по улучшению огнетушащих свойств воды могут быть сведены к двум направлениям.

Первое – улучшение текучести воды и улучшение ее смачивающих свойств. Второе – уменьшение размера капель воды (получение «водяного тумана»), используемых при пожаротушении до размеров, при которых происходит их полное испарение в очаге пожара. Реализация этих двух направлений выражается в постоянно сохраняющейся тенденции повышения давления насосных установок пожарной техники, в совершенствовании распылителей воды пожарных стволов и в использовании добавок, которые в микроскопических дозах добавляются в воду и улучшают ее текучесть [17] .

Для улучшения текучести уже давно найдена возможность получения так называемой «скользкой воды», которая успешно используется при пожаротушении. При введении в воду небольшого количества полимерных соединений она превращается в «скользкую».

Установки пожаротушения, в которых используется «водяной туман», широко используются за рубежом и в России. Однако для получения «водяного

тумана» в зарубежных и отечественных установках используются либо большое давление (до 200-300 атм.) и химически подготовленная вода, очищенная от механических примесей и растворимых в воде солей, либо специально сконструированные распылители. Кроме того, распылители установок высокого давления имеют очень малые площади сечений проточных каналов и поэтому склонны к засорению или замерзанию в зимнее время.

Благодаря многолетним исследованиям, доказано, что возможно и другое, принципиально новое техническое решение по повышению огнетушащих свойств воды, которое не исключает недостатки, перечисленных двух направлений. Данное решение заключается в улучшении огнетушащей способности воды за счет ее температурной активации. При реализации этого направления одновременно достигается как улучшение текучести воды без использования добавок, так и уменьшение размера капель воды без увеличения давления насосов и без использования пожарных стволов со сложными, дорогостоящими и профилированными насадками с минимальной площадью сечений проточных каналов [18].

Температурно-активированная вода на сегодняшний день является новым направлением в пожарной науке. Физическая сущность получения температурно-активированной воды (ТАВ) (рис. 1.1) сводится к подаче пресной воды под большим давлением (от 1,6 до 10 МПа) в специально разработанный прямоточный водотрубный теплообменник.

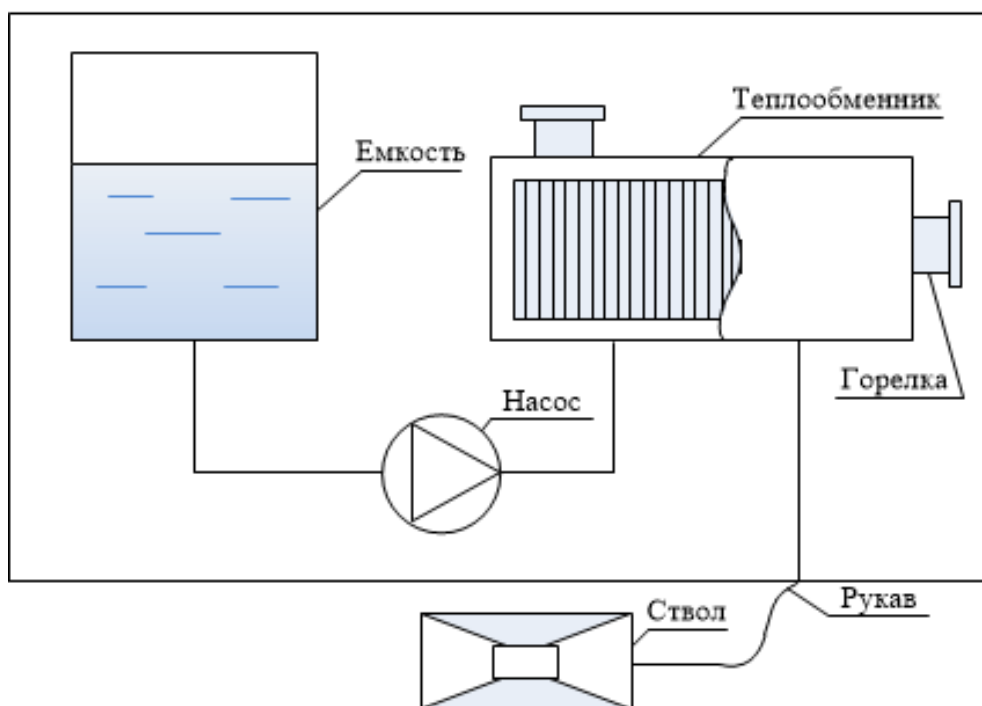


Рисунок 1.1. Теплоэнергетическая установка получения температурно-активной воды

В теплообменнике вода сначала нагревается (с помощью дизельной горелки) до температуры 160-280 °С (такую воду принято называть недогретой, поскольку температура жидкости меньше температуры насыщения при заданном давлении), затем недогретая вода по гибким или металлическим трубопроводам подается к специальным стволам-распылителям, где она за доли секунды (10^{-4} - 10^{-9} с) переходит в метастабильное состояние, проявляющемся в повышенной растворяющей способности карбонатов, сульфатов, силикатов и других соединений, в способности длительно удерживать в своем составе аномальные количества растворенного вещества (больше обычного в 300 – 500 раз) и значительно повышать кислотность [17]. В результате последующего взрывного вскипания образуются струи ТАВ с размером капель от 1 до 10 мкм, которые по своим свойствам близки к теплым туманам и облакам. Основные параметры воды при ее температурной активации представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Параметры воды при ее температурной активации

№ п/п	Температура t, °C	Давление P, МПа	Состояние	Время τ, с
1	4 – 60	0,01	Вода	1 – 3
2	4 – 60	1,6 – 10,0	Вода	3 – 5
3	160 – 280	1,3 – 8,0	Недогретая вода	40 – 60
4	160 – 280	0,6 – 1,9	Перегретая вода	$10^{-4} – 10^{-9}$
5	60	0,01	ТАВ	300 – 1800

Струи ТАВ («водяной туман»), полученные из перегретой воды, могут быть использованы для тушения практически всех видов горючих веществ, которые не вступают в химическую реакцию с водой с выделением большого количества тепла или горючих газов. Они эффективно тушат бензины различных марок, нефтепродукты, спирты, ацетон, другие углеводороды и водорастворимые жидкости, а также твердые материалы: древесину, резину, поливинилхлорид, полистирол [19].

Наиболее эффективно струи ТАВ тушат пожары в замкнутых объемах, так как образуют большой объем «водяного тумана», который эффективно осаждаёт дым и пары ядовитых веществ, а также вытесняет воздух и тем самым уменьшает процентное содержание кислорода в зоне горения.

Эффективное (быстрое) уменьшение температуры при тушении ТАВ обеспечивается тем, что размер большинства капель «водяного тумана» составляет всего 10-50 мкм, а температура струи на расстоянии 30-50 см ствола-распылителя перегретой воды (СРПВ) – 50-60 °C. Большая площадь поверхности капель и температура «водяного тумана», близкая к 100 °C, обеспечивает испарение воды, что и понижает температуру в зоне горения, а также увеличивает объем пара.

Кроме того, эффективность пожаротушения струями ТАВ обеспечивается тем, что капли воды размером менее 50 мкм долго не осаждаются (витают) и вместе с конвективными потоками воздуха инжектируются в очаг пожара. Это явление существенно расширяет тактические возможности подразделений,

использующих ПА с перегретой водой, по тушению пожаров в сложных условиях - появляется возможность тушить очаги пожаров «вслепую», направляя струи ТАВ в пустоты или в конвективные потоки. Также использование струй ТАВ позволяет эффективно тушить завалы, внутри которых после пожара или чрезвычайных ситуаций (ЧС) продолжается горение или тление горючих материалов и, что самое главное, могут находиться пострадавшие люди [20].

Еще одна тактическая возможность пожаротушения, которая реализуется при использовании ТАВ – выбор оптимальных параметров «водяного тумана» за счет изменения температуры. Регулирование температуры перегретой воды позволяет изменять соотношение между паровой и водяной фазами «водяного тумана», а также размер капель воды. Появляется возможность плавного, бесступенчатого регулирования параметров водяной струи от компактной (при температуре воды перед СРПВ менее 100 °С) до мелкодисперсной с размером капель 10-20 мкм (при температуре воды перед СРПВ 140 °С и более) [18,21].

Если говорить о недостатках метода тушения с применением ТАВ, то необходимо отметить большие затраты электроэнергии, необходимые для работы теплообменника, металлоемкость и громоздкость оборудования. Исходя из этого представляется интерес использовать в качестве тушащего вещества обычную распыленную воду без применения дополнительно оборудования для ее подогрева.

Распыленные водяные струи имеют широкое применение в деятельности противопожарной службы, прежде всего для тушения пожаров определенных классов, при этом с каждым годом расширяются и разнообразие соответствующего специального оборудования, и перечень возможных объектов для пожаротушения [15,16, 19, 22, 23]. Однако есть и другая важная область применения для распыленных водяных струй во время тушения пожаров – защита людей и материальных ценностей от негативного воздействия тепловых потоков с помощью их экранирования распыленной водой. В этом случае распыленную водяную струю называют водяной завесой. Применение водяной

завесы в качестве теплового экрана возможно в результате эффективного взаимодействия между подвижными каплями воды, воздушной средой и электромагнитным излучением в зоне пожара. Такое взаимодействие приводит к существенным изменениям в состоянии всех взаимодействующих агентов, что и предопределяет, среди всех возможных последствий такого взаимодействия, ослабление лучистого теплового потока [24, 25].

Противопожарная водяная завеса в определении ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний» – поток воды/водяных растворов, блокирующий распространение пожара и/или предупреждающий прогрев технологического оборудования до установленных предельно допустимых температур. В определении введенного в действие 01.05.2009 Федерального закона 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» противопожарная водяная завеса относится к типу противопожарных преград (ст. 37 123-ФЗ), однако в силу своей специфичности противопожарная водяная завеса (как и противопожарные разрывы) не нормируется по пределу огнестойкости ни в ст. 88 123-ФЗ, ни в обязательных для исполнения приложениях.

Главным достоинством водяной завесы – это тонкораспыленная вода, которая поверхностно позволяет быстро ликвидировать или охладить зоны горения и нагревания технологического оборудования. Тонкораспыленной водой (ТРВ), в соответствии с НПБ 88-2003, считается распыленная вода со средним диаметром капель не более 150 микрон. В других странах нет единого понятия тонкораспыленной воды [16, 26, 27].

Тонкораспыленную воду можно назвать водяным туманом, который за 10-60 секунд обладает способностью ликвидировать очаги возгорания. Под влиянием высокой температуры открытого огня тонкораспыленная вода вскипает и облако водяного пара надежно перекрывает доступ кислорода к очагу возгорания. При кипении воды идет эффективный отбор тепла из зоны горения (благодаря очень высокой удельной теплоте парообразования 2256 кДж/кг), что

может привести к полному прекращению реакции горения. Кислородное изолирование за несколько секунд уменьшает силу огня, прекращает реакцию горения [28]. Практика и опыт тушения пожаров показывают, что пламенное горение большинства горючих материалов прекращается при снижении концентрации кислорода в воздухе помещения до 14-16 %. После ликвидации пожара и отключении системы пожаротушения водяной туман облаком висит в помещении около 15 минут, предотвращая повторное возгорание. Температура опасной зоны уменьшается, так как кипение множества мельчайших водных частиц эффективно забирает тепло. В зоне пожара капли тонкораспылённой воды поглощают часть твёрдых частиц дыма. Это снижает опасность критичного задымления помещения. Как правило, включение дымоудаляющей вентиляции не требуется [20, 27, 29, 30].

Большой интерес к ТРВ вызван тем, что этот способ пожаротушения имеет целый ряд существенных преимуществ по сравнению с другими:

- Высочайшая эффективность систем независимо от сложности объектов уровня пожарной опасности (в том числе от мощности и от размеров пожара).
- Системы ТРВ обладают низким расходом огнетушащего вещества (в сотни раз ниже традиционных способов водяного пожаротушения).
- Полная безопасность при воздействии ТРВ на людей, окружающую среду и материальные ценности.
- Система легко восстанавливается после срабатывания. Демонтаж модулей не требуется, заливка воды осуществляется на месте, а заправка баллонов с газом-вытеснителем – рутинная процедура, аналогичная заправке углекислотных огнетушителей.
- Повышенная прочность и устойчивость оборудования к агрессивным средам. Срок эксплуатации систем и оборудования свыше 40 лет [12].

В качестве недостатков ТРВ можно выделить:

- Необходимо знать основные закономерности процесса развития. Для предотвращения горения некоторых веществ (хлопка, торфа и т.д.) необходимо пожаров в помещениях различного назначения.
- Применение воды с добавками поверхностно-активных веществ – смачивателей.
- Необходимо иметь датчик, который фиксировал бы момент, когда пожар потушен, и подавать сигнал для прекращения подачи воды, что позволило бы уменьшить ее излишний пролив.
- Для спринклерных систем требуется устройство специальных резервуаров, водоподвода и водоотвода, организации электропитания [29].

Однако, на современном этапе и в ближайшей перспективе установки пожаротушения тонкораспыленной водой являются наиболее эффективным средством борьбы с пожаром при условии их применения в соответствии с результатами исследований и с учетом характеристик оборудования. Установки ТРВ имеют более широкий спектр использования и более универсальны, чем остальные средства пожаротушения [16, 19, 27]. В следствие недостатка экспериментальных и теоретических данных о применении тонкораспыленных водных потоков для тушения горючих жидкостей и нефти, представляется интерес в исследовании закономерностей фазовых превращений и процессов тепломассопереноса при движении тонкораспыленных капельных потоков через пламена нефти и нефтепродуктов.

4. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Несмотря на сложный экономический период развития нашей страны, темпы развития нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей, как одних из самых важных частей топливно-энергетического комплекса, неумолимо растут.

Ни одна отрасль промышленности не может обойтись без топлива, для обеспечения бесперебойного режима работы производственных предприятий, объектов тепло и электрообеспечения, автотранспорта, сельскохозяйственной техники было создано большое количество нефтеперерабатывающих заводов и комбинатов с разветвленной сетью магистральных нефтепроводов.

Современное техническое состояние системы магистральных нефтепроводов страны соответствует высоким требованиям надежности и обеспечивает бесперебойную доставку нефти производителей на внутренний и внешний рынок. Основными элементами магистральных нефтепроводов, являются наливные насосные станции.

Эксплуатация технологических трубопроводов невозможна без использования насосных станций, которые являются важнейшими объектами нефтебазы и предназначены для внутрибазовых перекачек нефти и нефтепродуктов из одной группы резервуаров в другую, для налива и слива железнодорожных и автомобильных цистерн и наливных судов.

Насосные станции могут быть стационарными и передвижными. Стационарные насосные станции наиболее распространены и по своему положению относительно поверхности земли могут быть наземными, полуподземными и подземными.

Оборудование стационарных насосных станций, включает:

- насосы с трубопроводной обвязкой;
- задвижки, обратные клапаны, перепускные устройства;
- двигатели для привода насосов с пусковыми и защитными устройствами;
- фильтра-грязеуловители;

- микропроцессорные средства автоматизации (МПСА) и систему управления;
- автоматизированную систему пожаротушения;
- систему отопления, освещения и вентиляции.

В состав комплекса технологических сооружений наливной насосной станции входят:

- здание наливной насосной станции;
- емкость для сбора утечек нефтепродуктов и дренажа;
- технологические трубопроводы.

Вышеперечисленный комплекс сооружений станции обеспечивает выполнение следующих операций:

- прием топлива со сливо-наливной эстакады в резервуары хранения при нижнем сливе железнодорожных вагонов-цистерн;
- подачу топлива из резервуаров хранения на сливо-наливную эстакаду при верхнем наливке железнодорожных вагонов-цистерн;
- внутрибазовую перекачку топлива;
- взаимозаменяемость работы насосов;
- опорожнение трубопроводов посредством зачистных насосов;
- сбор утечек и дренаж оборудования насосной станции в емкость для сбора утечек нефтепродуктов и дренажа;
- защиту трубопроводов от возможного повышения давления при тепловом расширении нефтепродуктов;
- продувка трубопровода и внутренней плоскости емкости сбора утечек нефтепродуктов и дренажа инертным газом.

Здания насосных сооружений строят из огнестойких материалов с бесчердачными покрытиями. Полы покрываются метлахской плиткой, бетоном с поверхностным железнением или другими материалами, не впитывающими нефтепродукты и позволяющими легко смыть их. В полах устраиваются стоки, соединяемые с промышленной канализацией через гидравлические затворы. Двери и окна

насосных проектируют открывающимися наружу. Конструктивно здания стационарных насосных станций выполняют с отдельной или совместной установкой насосов и электродвигателей. Совместную установку применяют при взрывозащищенном исполнении электродвигателей, пригодных для эксплуатации в помещениях класса В-1а. Во всех остальных случаях помещения насосов и электродвигателей разделяются капитальной стеной с искровыми устройствами для промежуточных валов.

Стационарные насосные станции обычно располагают в наиболее низких местах площадки нефтебазы, чтобы улучшить всасывания насосов.

При числе основных рабочих насосов не более 5 (на нефтебазах I и II категорий) и не более 10 (на нефтебазах III категории) узлы задвижек (манифольды) могут находиться в одном помещении с насосами. Если узлы задвижек размещаются в несгораемой пристройке, то она отделяется от помещения насосной несгораемой стеной с пределом огнестойкости 1 ч и имеет самостоятельный выход наружу. В помещениях, где располагают узлы задвижек, в полу предусматривают лоток для отвода производственных стоков в закрытый сборник.

Вне помещений насосных станций (или площадок открытых насосных станций) на всасывающих и нагнетательных трубопроводах устанавливают аварийные задвижки на расстоянии 10-50 м от насосной. Допускается использовать в качестве аварийных задвижки сливо-наливных устройств или технологических трубопроводов, если они расположены на расстоянии не более 50 м от насосной.

Трубопроводы внутри насосных станций располагают так, чтобы обеспечить доступ для их осмотра и обслуживания. Трубопроводы диаметром до 400 мм обычно укладывают в каналы в полу станции, а больших диаметров — на поверхности пола (устройство каналов для них связано со значительными расходами). В местах прохода труб через внутренние стены насосных станций предусматриваются специальные уплотняющие устройства.

Насосные станции оборудуются естественной вентиляцией с применением дефлекторов, а при перекачке легковоспламеняющихся и горючих нефтепродуктов — приточно-вытяжной механической вентиляцией. Пускать насосные агрегаты при выключенной вентиляции запрещается.

В одном здании следует объединять помещения насосной станции, трансформаторной подстанции напряжением до 10 кВ, распределительных устройств, станции катодной защиты трубопроводов, пункта установки контрольно-измерительных приборов и средств автоматического управления технологическими процессами, ремонтной мастерской и вентиляционной камеры, а также бытовые помещения для обслуживающего персонала. Эти помещения должны отделяться друг от друга несгораемыми стенками с пределом огнестойкости не менее 1 ч.

Наливные насосные станции являются одними из основных сооружений нефтебазы. Увеличение объема добычи и переработки нефти вызывает увеличение объемов станций.

Общее состояние наливных станций характеризуется повышением объема и номенклатуры перекачиваемых нефтепродуктов. В связи с этим пожарная опасность данных объектов обуславливается тем, что на сравнительно небольших площадях сосредотачивается значительное количество пожароопасных жидкостей, исчисляемое порой сотнями тысяч тонн.

Несмотря на осуществление обширного комплекса мероприятий по обеспечению пожарной безопасности наливных насосных станций возникновение опасных ситуаций происходят как у нас в стране, так и за рубежом. Этот факт свидетельствует о том, что проблема пожарной защиты данных объектов требует дальнейшего усовершенствования. С этой целью каждая наливная насосная станция должна оснащаться современной системой пожаротушения.

В соответствии с СП 5.13130.2009 приложение Б помещения наливной насосной станции относятся ко 4.2 группе помещений по пожарной опасности.

Ниже приведена таблица 4.1 с перечисленными параметрами установки пожаротушения в соответствии с выбранной группой помещения.

Таблица 4.1. Параметры установки пожаротушения

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1.	Минимальная удельная интенсивность орошения, л/(с·м ²)	0,3
2.	Продолжительность работы установок, мин	60
3.	Максимальная высота установки оросителей, м	10
4.	Максимальное расстояние между оросителями, м	3,0
5.	Площадь для расчета расхода воды, м ²	144
6.	Расстояние от оси оросителя до стены: - максимальное, м - минимальное, м	1,5 0,2
7.	Максимальное расстояние от оси оросителя до потолка, м	0,3

В результате перед разработкой автоматизированной системы управления пожаротушением необходимо перечислить требования, предъявляемые к разрабатываемой системе:

- время инерционности срабатывания системы не более 180 с (3 минут) (согласно ГОСТ Р 50680-94);
- расчетное время пожаротушения – 15 минут (согласно РД 34.15.109-91);
- запас воды должен обеспечивать бесперебойную работу системы пожаротушения в течение 60 минут (согласно СП 5.13130.2009);
- интенсивность подачи воды – 0,3 л/(м²·с);
- параметры распыленного потока воды: начальный размер капель 0,2–0,25 мм; начальная скорость движения капель 2–2,5 м/с; начальная концентрация 0,000015–0,00002 м³ воды/ м³ газа.

5. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

Для обеспечения безопасного режима эксплуатации оборудования и работы станций в целом, на каждой предусматривается установка автоматизированной системы управления пожаротушением (АСУ ПТ). АСУ ПТ обеспечивает обнаружение пожара и пожарную сигнализацию на станции, дистанционное и автоматическое управление системой тушения пожаров, информационный обмен с МПСА наливной насосной.

АСУ ПТ представляет собой информационно-управляющую систему, централизованную по принципу контроля и управления и распределенную по принципу сбора информации и выдачи команд управления. Строится на базе микропроцессорных средств автоматизации и имеет трехуровневую структуру:

- нижний уровень (пожарные и ручные извещатели, контрольно-измерительные приборы, звуковая и световая сигнализация);
- средний уровень (щит управления с установленным ПЛК);
- верхний уровень (АРМ оператора).

Структурная схема автоматизированной системы наливной насосной станции представлена на рисунке 5.1.

АСУ ПТ выполняется на базе самостоятельной автономной микропроцессорной системы, функционально и аппаратно независимой от других систем.

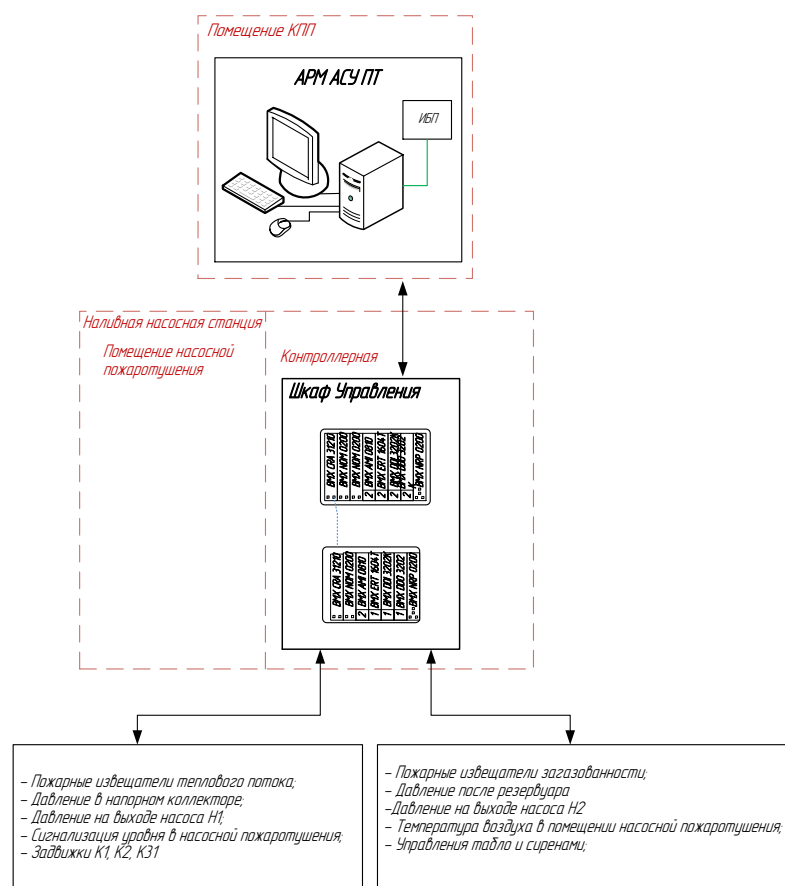


Рисунок 5.1. Структурная схема автоматизированной системы управления насосной пожаротушения

Условно нижний уровень системы пожаротушения можно разделить на подсистему пожарообнаружения и подсистему автоматической пожарной сигнализации. Подсистема пожарообнаружения на наливной насосной станции предусматривается для запуска системы автоматического пожаротушения.

Подсистема автоматической пожарной сигнализации (АПС) необходима для обнаружения пожара в начальной стадии его развития и передачи сигналов тревоги о пожаре на ПЛК.

Для подсистемы пожарообнаружения, предусматривается установка извещателей пламени и задымления. Извещатели устанавливаются на существующих металлоконструкциях с расчетом, чтобы каждая точка помещения защищалась не менее, чем двумя извещателями. Все извещатели должны выполняться взрывозащищенном исполнении.

Основной задачей системы обнаружения пожара является следующее:

- обнаружение пожара на раннем этапе;
- включение световой и звуковой сигнализации для предупреждения персонала об опасности.

В состав оборудования подсистем пожаробнаружения и автоматической пожарной сигнализации входят:

- автоматические пожарные извещатели, предназначенные для обнаружения возгорания. В зависимости от назначения защищаемого объекта и его категории предусмотрен соответствующий тип извещателей;
- ручные извещатели – активизируются для оповещения дежурного оператора и персонала объекта при обнаружении пожара или других чрезвычайных ситуациях;
- световые и звуковые пожарные оповещатели, устанавливаемые в помещениях с постоянным присутствием дежурного и обслуживающего персонала, а также по территории, включаются при пожаре.

К техническим средствам среднего уровня разрабатываемой системы относится щит управления.

Оборудования среднего уровня выполняет следующие функции:

- сбора информации с датчиков нижнего уровня (пожарных извещателей, световых и звуковых оповещателей, контрольно-измерительных приборов и т.д.);
- контроль целостности шлейфов пожарной сигнализации;
- выдачу управляющих сигналов на запуск систем пожаротушения;
- контроль состояния оборудования систем пожаротушения (состояние насосов, положение задвижек, режим управления и т.д.);
- подача питания на датчики, установленные на объекте управления;
- обработку информации (активизация оповещателей, фильтрации, линеаризации и масштабирования входных аналоговых сигналов, автоматический контроль и управление технологическим оборудованием)

- для передачи информации о состоянии технологического оборудования на верхний уровень системы автоматизации.

Щит управления системы пожаротушения включает в себя центральное процессорное устройство, модули ввода-вывода, блоки питания, силовые модули, сетевое оборудование.

Верхний уровень АСУ ПТ подразумевает под собой автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, сетевое и коммутационное оборудование. Предназначен для приема и отображения информации с щита управления системой пожаротушения, визуализации технологического процесса, оперативного дистанционного управления объектом автоматизации, централизованного хранения текущих и архивных параметров, предоставления отчетности эксплуатирующему персоналу.

АРМ оператора представляет собой персональный компьютер офисного исполнения в корпусе АТХ и комплексной клавиатурой, мышью и монитор LCD. Все АРМ должны идти комплектно с системным, офисным и прикладным программным обеспечением.

Линии передачи данных от нижнего уровня на средний включают в себя шлейфы пожарной сигнализации. Подобный шлейф является кольцевым, таким образом, при обрыве шлейфа система продолжает функционировать по двум «полукольцам». Шлейф выполняется медным кабелем, сечением жил 1,5 мм². Организация сетей передачи данных на верхний уровень осуществляется посредством сетей Ethernet/Modbus TCP/IP.

6. РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ И СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКАЗНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ

6.1 Разработка функциональной схемы

Измерительная информация о ходе технологического процесса и о состоянии оборудования содержит в основном сведения о теплотехнических величинах, измеренных приборами или измерительными системами. Процесс измерения величин и совокупность средств, осуществляющих эти измерения, носят название теплотехнического контроля.

Разработанная функциональная схема включает в себя:

- технологическую схему объекта автоматизации (наливная насосная станция);
- пожарные извещатели, световые и звуковые оповещатели, контрольно-измерительные приборы и другие средства автоматизации;
- щит управления;
- линии связи между техническими средствами автоматизации;
- необходимые пояснения к схеме;
- основную надпись.

Технологическое оборудование на функциональной схеме изображается в соответствии с ГОСТ 21.403-80 в виде контуров, упрощённых до такой степени, которая может показать, как взаимодействие отдельных частей технологической цепи, так и принцип её действия, а также взаимодействие с датчиками и другими средствами системы автоматизации.

На технологических трубопроводах показаны только вентили, задвижки, клапаны, заслонки и другая регулирующая и запорная арматура, которая участвует в работе системы пожаротушения или необходима для определения расположения отборных устройств и первичных измерительных преобразователей.

Датчики, преобразователи, приборы и вспомогательную арматуру изображают на схемах автоматизации в соответствии с ГОСТ 21.404-85. Отборные устройства для приборов, которые подключены постоянно, изображаются сплошными линиями толщиной 0,2 – 0,3 мм. Эти линии соединяют изображение технологического оборудования или трубопроводов в местах присоединения отборных устройств с условными обозначениями первичных преобразователей или вспомогательных приборов.

В верхней части листа изображается технологическая схема, позволяющая показать местоположение точек контроля, первичных преобразователей, а также нумерацию измерительных и управляющих каналов.

Условные обозначения технических средств автоматизации выполняют в виде окружности или овала. В верху окружности наносятся буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, так первая буква обозначает измеряемую физическую величину (температура, давление, расход, уровень и т.д.), а последующие буквы отражают функциональные признаки средств автоматизации (показания, регистрация, сигнализация и т.д.). В нижней части окружности наносится позиционное обозначение (цифровое или буквенно-цифровое), нужное для нумерации комплекта измерения или регулирования (при упрощенном способе построения условных обозначений) или отдельных элементов комплекта (при развернутом способе построения условных обозначений).

В низшей части чертежа функциональной схемы прямоугольником условно изображается щиты и АРМ оператора.

Условные обозначения на технологическом оборудовании и щитах наносятся следующим образом:

- Первичные измерительные преобразователи, отборные устройства, регулирующие органы и исполнительные механизмы. От них выводятся линии связи с номером измерительного или управляющего канала;
- Далее линия связи идет к прямоугольнику с названием «По месту», где изображены приборы, установленные на оборудовании или в

непосредственной близости от него, на штативах или в специальной арматуре (манометры, термометры, показывающие приборы и т.п.). На линии связи указывается числовое значение измеряемой величины и единицы измерения. Возле условного обозначения технического средства пишут количество приборов (если больше одного) и предельное значение измеряемых величин, по которым осуществляется (включение, отключение, сигнализация) – Н – верхний предел, L – нижний предел;

- В прямоугольнике “Щит управления” располагаются нормирующие преобразователи и вторичные приборы.

При разработке функциональных схем автоматизации и выборе технических средств необходимо учитывать особенности технологического процесса, условия пожара и взрывоопасности, агрессивность и токсичность окружающей среды, параметры и физико-химические свойства технологических сред, расстояние от мест установки датчиков, отборных и приёмных устройств до постов контроля, требуемую точность и быстродействие средств автоматизации [48].

Функциональная схема АСУ ПТ наливной насосной станции, разработанная в ходе проекта, представлена на ФЮРА.421000.005 С1.

Перечень контролируемых параметров, представленных на функциональной схеме приведён в таблице 6.1.

Таблица 6.1. Перечень контролируемых параметров

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра	Кол-во
1	Температура воздуха в помещении насосной пожаротушения	22 °С	1
2	Давление на выходе насоса Н1	0...1,6 МПа	2
3	Давление на входе насоса Н2	0...1,6 МПа	2
4	Давление в напорном коллекторе	0...1,6 МПа	2
5	Давление после резервуара	0...1,6 МПа	2

6	Уровень затопления в насосной пожаротушения	-	1
7	Уровень теплового излучения в помещении наливной насосной	-	8
8	Уровень задымления в помещении наливной насосной	-	4
9	Сигнал с ручного пожарного извещателя	-	2
10	Звуковой сигнал «Пожар»	-	2
11	Световой сигнал «Автоматическое пожаротушение отключено»	-	2
12	Световой сигнал «Уходить»	-	2
13	Световой сигнал «Не входить»	-	2
14	Информация о состоянии задвижек К1, К2, К3 (с возможностью управления)	-	3
15	Информация о состоянии насосов Н1, Н2, Н3 (с возможностью управления)	-	3

Измерение температуры наружного воздуха в помещении насосной пожаротушения осуществляется с помощью термопреобразователя сопротивления (ТПС) (позиция 1а). ТПС предназначены для измерения температуры газообразных и жидких неагрессивных и агрессивных сред, а также поверхностей твердых тел [49]. С ТПС сигнал поступает в щит управления на модуль аналогового ввода ПЛК.

Для измерения давления на выходе насоса Н1, на входе насоса Н2, после резервуара и в напорном коллекторе установлены показывающие манометры, (позиция 2а, 3а, 4а, 5а). Параллельно с манометрами в этих же точках установлены датчики избыточного давления (позиция 2б, 3б, 4б, 5б), с выходным сигналом постоянного тока, который соответствует величине измеряемого давления. С датчика сигнал попадает на модуль аналогового ввода ПЛК.

Для контроля уровня в насосной пожаротушения используется поплавковый уровнемер (позиция 6а). Сигнал с уровнемера поступает на модуль аналогового ввода ПЛК.

В наливной насосной станции предусмотрена установка комбинированных (УФ/ИК) извещателей пламени взрывозащищенного исполнения модели (позиция 7а). Извещатели размещаются на металлоконструкциях с расчетом, чтобы каждая точка защищалась не менее чем двумя извещателями. Извещатели подключаются к ПЛК через шлейфы сигнализации, сигналы со шлейфов поступают на коммуникационные модули.

Уровень задымления на площадке станции измеряется с помощью оптического дымового извещателя (позиция 8а). Извещатель предназначен для обнаружения загораний, сопровождающихся появлением дыма в закрытых помещениях зданий и сооружений, и формирования электрического сигнала о возникшем пожаре и передачи его в щит управления на модуль дискретного входа ПЛК.

Для ручного включения сигнала тревоги в системах пожарной сигнализации используют пожарные ручные извещатели взрывозащищенного исполнения (позиция 9а). Сигнал с которых поступает на модуль дискретного входа ПЛК.

Пожарные извещатели (дымовые и тепловые) размещаются в помещениях в верхней токе, с учетом рельефности потолка (согласно СНиП РК 2,02-15-2003). Ручные извещатели и кнопки запуска пожаротушения устанавливаются на стенах, на высоте 1,5 м от пола.

Для оповещения рабочего персонала о возникновении пожара в наливной насосной станции устанавливается посты звуковой аварийной и предупреждающей сигнализации (позиция 10а) и световые табло (позиция 11а, 12а, 13а). Пожарные оповещатели активизируются в автоматическом режиме при срабатывании пожарных извещателей и активизируются оператором. Пожарные оповещатели по территории устанавливаются на опорах высотой 3м.

В качестве узлов управления в настоящем проектом решении предусмотрены электроприводные задвижки К1, К2, К3 (позиция 14а). Управление насосами Н1, Н2, Н3 и электродвижками осуществляется через

ПЛК, которое активизируется при срабатывании аналогового датчика давления, пожарных извещателей и кнопок дистанционного управления пожаротушением.

6.3 Составление заказной спецификации

Спецификация представляет собой техническую документацию, в которой отражены все необходимые сведения о приборах и технических средствах автоматизации для реализации системы управления кустовой площадкой.

Спецификация предназначена для составления на ее основе заказа на средства измерения, а также для облегчения чтения проектной документации. Заказная спецификация приборов и средств автоматизации на щит управления АСУ ПТ представлена в приложении Б.

7. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ

Принципиальная электрическая схема отражает полный состав приборов, средств автоматизации и устройств, которые используются для разработки и создания автоматизированной системой управления нефтеперекачивающей станцией. На схеме изображаются все элементы системы управления, находящиеся в щите, а также принцип их взаимодействия.

Схема принципиальная электрическая представлена на листе с шифром ФЮРА.42100.005 ЭЗ.

Питание щита управления системы пожаротушения осуществляется от двухфазной цепи с переменным напряжением 220 В. Питание шкафов осуществляется от двух вводов через клеммы XT0 (L, N, PE) и XT01 (L, N, PE). На ввод XT0 подаётся питание от внешнего ИБП. На ввод XT01 подаётся питание от ЩСУ.

Потребители постоянного тока (контроллеры и модули ввода-вывода), установленные в щите, питаются от обоих вводов через блоки бесперебойного питания 24 В, зарезервированные по схеме диодное «или». Цепи питания различных типов (групп) потребителей в шкафу разделены после источника питания.

Для защиты оборудования от перегрузок и токов короткого замыкания, устанавливаемого внутри щита управления, все питающие напряжения подаются через отдельные автоматические выключатели.

Для преобразования напряжения сети переменного тока 220 В в постоянное напряжение 24 В установлены два блока питания QUINT-PS/1AC/24DC/20 (G1, G2). Функцию резервирования выполняет установленный в щите источник бесперебойного питания QUINT-UPS/24DC/24DC/20 (G3, G4), который защищает оборудования от кратковременных перебоев в электроснабжениях. Так же в щите есть резервный модуль QUINT-ORING/24DC/2X20/1X40 (VD1), выполненный на базе диодного моста, и

служащий для согласования работы двух источников питания (основного и резервного), делит их мощность пополам.

В штатном режиме работы на ввод 1 («L1(N1)») подается напряжение от внешнего ИБП, а ввод 2 («L2(N2)») подается напряжение от ЩСУ. Блоки питания G1, G2 понижают напряжение до 24 В постоянного тока, выпрямляют его, сглаживают, поддерживают неизменным при некотором значении перегрузки (режим «Boost») и отсекают его при коротком замыкании на выходе.

Регулировкой блоков питания G1 и G2 добиваются одинакового напряжения на входе диода VD1, регулировкой блоков питания G5 и G6 добиваются одинакового напряжения на входе диода VD2, что обеспечивает равномерный износ блоков питания. ИБП постоянного тока, при наличии входного напряжения поддерживает на выходе напряжение, равное входному напряжению и, одновременно, обеспечивает заряд аккумуляторной батареи (повышая зарядное напряжение аккумуляторной батареи до 28 В).

Аккумуляторная батарея, при отсутствии внешнего питания, подключается к выходу ИБП своим напряжением порядка 27,9 В и разряжается до напряжения отсечки 20,4 В, после чего ИБП отключает нагрузку. Обрыв в цепи батареи или напряжение батареи менее 20,4 В рассматривается как неисправность батарей, о чем ИБП сигнализирует контактом реле.

Блоки питания G5, G6 обеспечивают гальваническую изоляцию питания напряжением 24 В постоянного тока.

Для удобства обслуживания оборудования в щите предусмотрена розетка Legrand 042 85 (XS1) на ~220 В. Также шкаф оборудован светильником NSYLAMCS (EL1), подключенный к сети переменного тока напряжением ~220 В, при вскрытии щита светильник загорается.

Для контроля температуры воздуха внутри шкафа используется термореле ETA WI 282*1140 (KK1), с уставкой равной 40 °С. При срабатывании термореле включается, установленный в щите, вентилятор NSYCVF165M230PF (M1), который отводит тепло от нагревающихся элементов схемы.

Сигналы с пожарных извещателей пламени через шлейф сигнализации по последовательному интерфейсу RS-485 поступают на коммутационные модули BMX NOM 0200 контроллера Modicon M340. Для защиты от перенапряжений модулей контроллера устанавливаются защитные штекерные модули типа PT 4x1-12AC-ST (Z12, Z13, Z14, Z15).

Сигналы с полевых датчиков поступают на модули ввода аналоговых BMX AMI 0810 и дискретных BMX DDI 3202K сигналов контроллера Modicon M340, которые защищаются от перенапряжений и выгорания с помощью клемм с защитой типа TT-ST-M-2-PE-24DC.

Для ручного управления в схеме предусмотрены коммутирующие устройства – кнопки SB1, SB2 (для дистанционного включения системы пожаротушения).

Перечень элементов принципиальной электрической схемы соединений отображен в приложении В.

8. РАЗРАБОТКА ОБЩЕГО ВИДА ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ

Чертеж общего вида щита управления системы пожаротушения определяет конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняет принцип работы изделия. Щит представляет собой комплексное устройство, выполняющее функции поста управления и является связующим звеном между объектом управления и оператором. Компоновка аппаратуры, приборов, установочных изделий выполняется с учетом их конструктивных особенностей, функционального назначения, обеспечение удобства – монтажа и эксплуатации, размеров монтажных зон щита. Расположение аппаратуры на схеме примерно соответствует фактическому размещению в конструкции шкафа. Рядом с каждым аппаратом изображается позиционное обозначение такое же, как на принципиальной электрической схеме соединений.

Щит управления выполнен на базе линейных корпусов TS 8 серии TS 8006.510 (1200x1000x600 мм) производства компании «Rittal» и обеспечивают степень защиты от внешних воздействий IP55. Стандартная комплектация такого щита:

Каркас из одиночных стальных оцинкованных профилей, соединенных лазерной сваркой:

- нижняя рама и верхняя рама с верхней панелью;
- комплект из четырех вертикальных реек.

Панели из листовой стали:

- задняя стенка крепится винтами снаружи;
- сплошная дверь;
- панели основания;
- потолочная панель
- боковые панели
- монтажная панель;

Принадлежности шкафа:

- элементы цоколя передние и задние;
- фальш-панели цоколя, боковые;
- вставка замка;
- профиль для ввода кабеля в центре;
- карман для документации;
- насадка вентиляционная;
- принадлежности для монтажа;
- принадлежности для прокладки кабелей;
- принадлежности для распределения электроэнергии;
- принадлежности для установки модульного оборудования;
- устройства вентиляции, фильтрации и кондиционирования воздуха.

Конструкции щита обеспечивает удобство эксплуатации и ремонта с минимально возможными затратами времени. В щитах управления предусмотрены замки для исключения несанкционированного доступа, шина заземления с местом под приварку ее к главной заземляющей шине. Также в щите имеется система регулирования температуры на базе термореле, вытяжного вентилятора и вентиляционные отверстия для забора воздуха.

Общий вид щита представлен на листе ФЮРА.42100.005 С3.

На виде спереди в верхней части щита расположен концевой выключатель (SQ1), светильник NSYLAMCS (EL1), загорающийся при открытии двери щита, вентилятор NSYCVF165M230PF (M1), который входит в комплект щита и выполняет функцию охлаждения воздуха внутри. Так же в верхней части установлены два блока питания QUINT-PS/1AC/24DC/20 (G1, G2), источники бесперебойного питания QUINT-UPS/24DC/24DC/20 (G3, G4), преобразователи постоянного тока QUINT-PS/24DC/24DC/10 (G5, G6). Так же рядом располагаются два резервных модуля QUINT-ORING/24DC/2X20/1X40 (VD1, VD2), выполненные на базе диодного моста, и служащие для согласования работы двух источников питания (основного и резервного), делят их мощность

пополам. Ниже, друг под другом, располагаются два контроллера Modicon M340 (A1, A2).

В щитах управления также расположены групповые автоматические выключатели, осуществляющие защиту от коротких замыканий групповых цепей питания, которые расположены средней части щита.

В нижней части щита установлены клеммные сборки для подключения проводов, по которым поступает информация на ПЛК.

Все оборудование, расположенное в щите крепить на DIN – рейку, кроме контроллера, который вместе с модулями крепиться на коммутационную панель. Провода складываются в специальные короба серого цвета, только провода искробезопасной цепи расположены в синих коробах. На правой стороне щита также размещены преобразователи измерительные искробезопасной цепи.

В нижней части щита расположены элементы цоколя. Цоколь имеет центральное отверстие, через которое обеспечивается циркуляция воздуха, а также подвод силовых и коммуникационных кабелей снизу из пространства под фальшполом.

9. РАЗРАБОТКА МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ ВНЕШНИХ ПРОВОДОК

Монтажная схема проектируемой АСУ ПТ представлена на чертеже ФЮРА.421000.005 С4.

К внешним электрическим проводкам относят такие проводки, которые расположены за пределами щитов и пультов.

Целью проектирования внешних электрических проводок является создание монтажной документации, необходимой и достаточной для прокладки электропроводок, коммутации токоведущих жил к техническим средствам автоматизации и вспомогательным элементам, проверки проводок и ввода их в эксплуатацию.

Схема монтажная внешних электрических проводок содержит:

- первичные преобразователи, расположенные вне щита, установленные непосредственно на технологическом оборудовании и коммуникациях;
- внешние электрические проводки;
- щит управления;
- технические требования;
- таблицу с поясняющими надписями.

На схеме внешних проводок сверху поля чертежа размещена таблица с поясняющими надписями. В ней отображается наименование измеряемого параметра, место измерения и тип прибора. Под таблицей располагаются изображения первичных преобразователей и других средств автоматизации, устанавливаемые непосредственно на технологическом оборудовании и технологических трубопроводах.

Датчики, извещатели пламени, дымовые и ручные пожарные извещатели, световые и звуковые оповещатели с электрическими входами и выходами изображены монтажными символами в соответствии с заводскими инструкциями. Щит управления изображен в виде прямоугольника. В прямоугольнике показаны блоки зажимов, а также подключенные к ним жилы кабелей с соответствующей маркировкой.

Для соединения и разветвления электрических кабелей в данной работе предусмотрена установка электрических соединительных коробок. Электрические соединительные коробки изображены в виде прямоугольника, внутри которого размещаются сборки зажимов с необходимой нумерацией и показывают подключение к ним жил кабелей (проводов) с соответствующей маркировкой.

Для каждой внешней электрической проводки приводят ее техническую характеристику: марку, длину, сечение и количество жил, изображаемую справа от обозначения данного кабеля.

Для электропроводок систем автоматизации применяются изолированные провода и кабели с алюминиевыми или медными жилами. Изоляция, оболочки и наружные покровы кабелей должны соответствовать условиям окружающей среды и принятому способу выполнения электропроводки.

Для информационных линий от первичного преобразователя до электрической соединительной коробки, от коробки и до щита управления в выбираем кабель КРВГЭ 4х1 – с медными жилами, изоляция из резины, общий экран из медной фольги, оболочка из поливинилхлоридного пластиката, число жил 4 с сечением 1 мм². Данный кабель предназначен для прокладки в помещениях, каналах, в условиях агрессивной среды и при необходимости защиты электрических цепей от внешних электрических полей.

В отдельном случае для датчиков давления и извещателей пламени информационные линии прокладываются кабелем МКЭШВнг. Кабель марки МКЭШВнг разработан по специальным требованиям для подключения датчиков с цифровым частотно-модулированным сигналом, сигналом 4-20 мА, по интерфейсу RS 485. Кабель представляет собой витые пары проводов с цветовой маркировкой в общем экране или с попарным экранированием. Предназначен для стационарной прокладки как внутри и вне помещений в кабельной канализации и в открытом грунте, в том числе во взрывоопасной зоне класса ПБТ4 [51].

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ4Д	Няшиной Галине Сергеевне

Институт		Кафедра	АТП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.01. Теплоэнергетика и теплотехника/ Наукоемкие технологии измерений и управления в теплотехнике

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ)	Зарплата инженера (дипломника) 8000 руб., руководителя – 2326264, надбавка за повышенную интенсивность труда – 3000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Отчисления во внебюджетные фонды – 30 % от оплаты труда, накладные расходы – 200 % от размера заработной платы, издержки на монтаж, транспортировку оборудования – 15 % от затрат на тех. средства.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Формирование плана и графика разработки и внедрения НИИ	Перечень работ и их продолжительность по времени, распределение по исполнителям.
2. Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения технического проекта	Материальные затраты на материалы и комплектующие изделия, заработная плата исполнителей технического проекта, отчисления в социальные страховые фонды, накладные расходы и прочие затраты.
3. Техно-экономическое обоснование технического проекта	Формирование сметы проекта по статьям затрат.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Таблица временных показателей проведения научного исследования.
2. Ленточный график исполнения магистерской диссертации.
3. Таблица материальных затрат на оборудование.
4. Смета затрат на проект.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Попова Светлана Николаевна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ4Д	Няшина Галина Сергеевна		

10. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данной магистерской диссертации разрабатывалась автоматизированная система управления пожаротушения (АСУ ПТ) на основе тонкораспылённых водных потоков для наливной насосной станции. Наливные насосные станции являются структурными подразделениями магистрального нефтепровода, и представляют собой комплексную систему для перекачки жидкостей из одного места в другое, включающая в себя разнообразное дорогостоящее оборудование. С целью защиты последнего на каждой подобной станции необходима установка высококачественной системы пожаротушения, которая в случае возгорания срабатывала с наименьшим запаздыванием, тушила очаг возгорания, не давая пожару распространиться, и оповещала обслуживающий персонал об опасности.

10.1 Технико-экономическое обоснование проекта

Целью технико-экономического обоснования является качественное и количественное доказательство целесообразности внедрения АСУ ПТ.

10.1.1 Составление таблицы занятости участников проекта

Для определения капитальных вложений на разработку системы определим объём и продолжительность необходимых работ. Наиболее наглядным представлением стадий разработки проекта является построение ленточного графика.

В ходе построения графика учитывается ряд факторов, одним из которых является трудоемкость.

Трудоемкость выполнения исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел. дн.; $t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы чел. дн.; $t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел. дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p .

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{C_i},$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.; C_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства представления все расчеты сведем в таблицу 1

Таблица 10.1. Временные показатели проведения научного исследования

Наименование работ	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	
	Минимальная трудоемкость, чел-дни		Максимальная трудоемкость, чел-дни		Ожидаемая трудоемкость, чел-дни			
	Руководитель	Дипломник	Руководитель	Дипломник	Руководитель	Дипломник	Руководитель	Дипломник
Анализ литературных данных	-	30	-	60	-	30	-	40
Проведение экспериментальных исследований	14	30	21	50	14	30	14	45
Обобщение результатов исследований, составление рекомендаций	4	12	7	15	5	13	5	13
Описание объекта исследования, разработка структурной схемы	-	10	-	16	-	12	-	14
Разработка функциональной схемы	3	14	5	21	3	14	3	14
Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации	-	8	-	13	-	10	-	10
Метрологическое обоснование	-	7	-	12	-	9	-	9

выбора измерительных систем								
Разработка монтажной схемы подключений внешних проводок	2	14	3	21	1	18	2	18
Разработка принципиальной электрической схемы	4	12	5	20	4	14	4	14
Разработка общего вида щита	2	10	3	14	2	6	2	10
Технико-экономическое обоснование проекта	-	14	-	18	-	12	-	14
Социальная ответственность	-	14	-	18	-	12	-	14
Составление пояснительной записки	-	30	-	40	-	21	-	21
Проверка пояснительной записки	5	-	7	-	4	-	4	-
Исправление ошибок и замечаний	-	4	-	7	-	5	-	5
Сдача проекта	-	1	-	1	-	1	-	1

Перечень и сроки выполнения работ приведены в таблицу 2.

Таблица 10.2. Перечень работ и их продолжительность по времени, распределение по исполнителям

Наименование работ	Исполнители		кол-во дней
	Должность	Количество	
Анализ литературных данных	Дипломник	1	40
Проведение экспериментальных исследований	Руководитель	1	14
	Дипломник	1	45
Обобщение результатов исследований, составление рекомендаций	Руководитель	1	5
	Дипломник	1	13
Описание объекта исследования, разработка структурной схемы	Дипломник	1	14
Разработка функциональной схемы	Руководитель	1	3
	Дипломник	1	14
Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации	Дипломник	1	10
Метрологическое обоснование выбора измерительных систем	Дипломник	1	9
Разработка монтажной схемы подключений внешних проводок	Руководитель	1	2
	Дипломник	1	18
Разработка принципиальной электрической схемы	Руководитель	1	4
	Дипломник	1	14
Разработка общего вида щита	Руководитель	1	2
	Дипломник	1	10
Технико-экономическое обоснование	Дипломник	1	14
Социальная ответственность	Дипломник	1	14
Составление пояснительной записки	Дипломник	1	21

Проверка пояснительной записки	Руководитель	1	4
Исправление ошибок и замечаний	Дипломник	1	5
Сдача проекта	Дипломник	1	1
Общее количество рабочего времени, потраченное каждым исполнителем	Руководитель	1	34
	Дипломник	1	240

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-технического проекта на основе табл. 1 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Так для руководителя примем более светлый тон заливки, а для исполнителя темный.

Таблица 10.3. Линейный график проведения магистерской диссертации

Наименование работ	Исполнители	T _{pi} раб. дн.	Продолжительность выполнения работ																													
			сентябрь			октябрь			ноябрь			декабрь			январь			февраль			март			апрель			май			июнь		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Анализ литературных данных	Дипломник	40																														
Проведение экспериментальных исследований	Руководитель	14																														
	Дипломник	45																														
Обобщение результатов исследований, составление рекомендаций	Руководитель	5																														
	Дипломник	13																														
Описание объекта исследования, разработка структурной схемы	Дипломник	14																														
Разработка функциональной схемы	Руководитель	3																														
	Дипломник	14																														
Разработка заказной спецификации	Дипломник	10																														
Метрологическое обоснование выбора измерительных систем	Дипломник	9																														
Разработка монтажной схемы подключений внешних проводок	Руководитель	2																														
	Дипломник	18																														
Разработка принципиальной электрической схемы	Руководитель	4																														
	Дипломник	14																														
Разработка общего вида щита	Руководитель	2																														
	Дипломник	10																														
Технико-экономическое обоснование	Дипломник	14																														
Социальная ответственность	Дипломник	14																														
Составление пояснительной записки	Дипломник	21																														
Проверка пояснительной записки	Руководитель	4																														
Исправление ошибок и замечаний	Дипломник	5																														
Сдача проекта	Дипломник	1																														

Благодаря линейному графику можно наглядно проследить, что работы по созданию проекта продлятся с начала сентября и продолжатся 9 месяцев, сдача проекта планируется в первой декаде июня. Для создания проекта привлечено 2 исполнителя: руководитель и дипломник. Руководитель работал в течении 34 дней, а дипломник 240 дня. Работы, как правило, велись последовательно, но существуют этапы, на которых требовалась параллельная работа двух исполнителей.

10.1.2 Затраты на разработку проекта

В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- полная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- прочие расходы;
- накладные расходы.

Расчет затрат произведен по данным первого квартала 2016 года.

10.1.2.1 Материальные затраты на приобретение средств автоматизации и их монтаж

Сумма расходов на материалы и комплектующие изделия рассчитывается исходя из перечня элементов щита управления. Сумма расходов на материалы и комплектующие изделия приведены в таблице 10.4

Стоимость каждого комплектующего определяется по формуле:

$$C=K \cdot Ц,$$

где C – стоимость изделия, руб.; K – количество, шт.; $Ц$ – цена единицы изделия, руб.

Таблица 4 – Материальные затраты на оборудование

Наименование	Количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Модуль питания BMX CPS 3020	2	14000	28000
Модуль коммуникационный BMX CRA 31210	2	20000	40000
Модуль коммуникационный BMX NOM 0200	4	20000	80000
Модуль аналогового ввода BMX AMI 0810	4	17120	68480
Модуль дискретного ввода BMX DDI 3202K	8	9500	76000
Модуль дискретного вывода BMX DDO 3202K	4	11200	44800
Модуль коммуникационный BMX NRP 0200	2	20000	40000
Панель BMX ХВР 1200	2	7700	15400
Блок БС-114-12/220	4	2500	2500
Устройство контроля изоляции HIS 24 VDC/N Hakel 7	1	4000	4000
Розетка оптическая проходная ST/PC/MM-D Simplex	32	300	9600
Пигтейл MM ST/PC 50/125 1м	32	300	9600
Светильник 4139.140 Rittal	1	5500	5500
Конденсатор K73-17-0.1мкФ-630В(+-)10%	1	100	100
Вентилятор NSYCVF165M230PF	1	6000	6000
Резистор PR 02 5% 51R	1	500	500
Штекер защитный PT 5-HF-12DC-ST	2	150	300
Батарея аккумуляторов UPS-BAT/VRLA/24DC/	2	16000	32000
Источник бесперебойного питания QUINT-UPS/24DC/24DC/20	2	20000	40000
Блок питания QUINT-PS/ 1AC/24DC/20	2	21000	42000
Industrial redundant Ethernet Switch EDS-516A-MM-SC	2	56000	112000
Коммутатор IMC-21-M-SC	1	6000	6000
Предохранитель	39	50	900
Реле PLC-RPIT- 24DC/21	34	850	28900
Реле PLC-RPIT-230UC/21	9	350	3150
Защита от перенапряжений PT 2-PE/S-230AC/FM	3	2000	6000
Защита от перенапряжений TT-ST-2-PE-24DC	2	2000	4000
Преобразователь постоянного тока QUINT-PS/24DC/24DC/10	2	30000	60000
Реле PLC-RSP-230UC/21-21 2912552	50	1500	75000
Выключатель автоматический iDPN N 1P+N 16A C	1	740	740
Выключатель автоматический iDPN N 1P+N 10A C	1	600	600
Выключатель автоматический iDPN N 1P+N 6A C	2	1000	2000
Выключатель автоматический iDPN N 1P+N 3A C	8	600	4800
Выключатель автоматический iC60H-DC 1P 16A C	2	1000	2000
Выключатель автоматический iC60N 1P 1A C	2	500	1000
Термостат KTS 01141.0-00 Stego	1	800	800
Розетка Legrand 042 85	1	150	150
Вилка IMC 1,5/5-ST-3,81 AU DB:5-1	7	100	700
Концевик Е/МЕ TBUS NS35 GY 2713780	7	100	700
Плата концевая D-DEK 1,5 BU 2838982	1	50	50
Элемент базовый PT 4X1+F-BE 2839376	4	200	800

Ответвитель MA-0185-100	6	300	1800
Разветвитель MA-0186-100	2	300	600
Фильтр NSYCAG223LPF	1	2000	2000
Клеммы STS 2,5-TWIN	300	50	15000
Стойка NSYSFV20	1	8000	8000
Выключатель концевой 4127.010 Rittal	1	2000	2000
Преобразователь измерительный изолирующий	1	20000	20000
Клеммы STS 2,5-TWIN	300	50	15000
Стойка NSYSFV20	1	8000	8000
Рама NSYSFC86	1	8000	8000
Панель боковая NSY2SP206	1	6000	6000
Дверь NSYSFD208	1	10000	20000
Панель монтажная NSYMP208	2	6000	12000
Кронштейн NSYSBTB	1	1200	1200
Боковая цокольная панель NSYSPS6100	1	1000	1000
Панель основания NSYEC862	1	3500	3500
Сборка шинная защитная NSYECB1M153	1	6000	6000
Материалы	-	40000	40000
Термопреобразователь сопротивления ТСПУ 014.11	1	5000	5000
Манометр показывающий 233.50.160	4	5000	20000
Датчик избыточного давления Метран-150 AC 150TG	4	20000	80000
Датчик уровня ПМП-152	1	4000	4000
Автоматический пожарный извещатель пламени	8	50000	400000
Извещатель пожарный дымовой ИПДЭС	4	10000	40000
Извещатель пожарный ручной ИПРЭС	2	9000	18000
Пост сигнализации ПСВ	2	5000	10000
Световое табло TCB	6	15000	90000
Итого			1692170

Первоначальная стоимость, с учетом затрат на доставку и монтаж, составляет:

$$C_m = 1692170 \cdot 1,14 = 1930000 \text{ руб.}$$

Полная заработная плата исполнителей темы

Затраты на оплату труда составляют:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из сдельных расценок, тарифных ставок и должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии формами и системами оплаты труда;
- выплаты дополнительной заработной платы, представляет собой оплату не проработанного времени, предусмотренного законодательством,

составляет 12-20 % от основной заработной платы.

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата исполнителей рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником (табл.10.2), раб. дн.; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m}{F_d},$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – количество рабочих дней в месяце, составляет 26 раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{тс} + Д + p.k.,$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $Д$ – сумма доплат и надбавок, составляет 3000 руб.; $p.k.$ – сумма, учитывающая районный коэффициент, и составляет 30 % от суммы заработной платы по тарифной ставке и доплат.

Таблица 10.5. Расчёт заработной платы

Исполнители	З _{тс} , руб.	Д, руб.	р.к. руб.	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб.	З _{зп} , руб.
Руководитель	23264	3000	7639	33103	1273	34	43282	6492	50000
Дипломник	8000	-	2400	10400	400	240	96000	14400	110400
Итого									160400

10.1.2.2 Отчисления на социальные нужды

В данном разделе отражается размер обязательных отчислений по установленным законодательством нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования от элемента "затраты на оплату труда".

Отчисления на социальные нужды составят 30 % от оплаты труда, их величина составит:

$$U_{\text{соц}}=0,302 \cdot U_{\text{зн}}=0,302 \cdot 160400=48440 \text{ руб.}$$

10.1.2.3 Накладные расходы

Определяются как 200 % от размера заработной платы и составят:

$$U_{\text{нр}}=2 \cdot U_{\text{зн}}=2 \cdot 160400=320800 \text{ руб.}$$

10.1.2.4 Прочие расходы

Определяются как 1 % от суммы материальных затрат, затрат на оплату труда и социальных отчислений:

$$U_{\text{пр}}=0,01 \cdot (1692170+160400+48440)=19000 \text{ руб.}$$

На основе проведенных расчетов составим смету затрат на разработку проекта, приведенную в таблице 10.6.

Таблица 10.6. Смета затрат на проект

Статьи расходов	Сумма, руб.	Структура затрат, %
Материальные затраты	1692170	75,5
Оплата труда исполнителей	160400	7,15
Отчисления на социальное страхование	48440	2,2
Накладные расходы	320800	14,3
Прочие затраты	19000	0,85
Себестоимость проекта	2240810	100

10.2 Расчет срока окупаемости

В случае разработки автоматизированной системы пожаротушения о сроках окупаемости говорить сложно, так как данная система является обязательной, особенно для производств, имеющих дело с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями, без которой функционирование наливной насосной станции невозможно. Целью установки системы пожаротушения является не получение прибыли, а повышение безопасности насосной станции и работающего на ней персонала.

Поэтому вместо срока окупаемости рассчитаем объемы материальных затрат, необходимых для восстановления наливной насосной станции в случае пожара, при условии, что АСУ ПТ не будет установлена, и сравним данный показатель с затратами на создание проекта (табл. 6).

В состав наливной насосной станции в общем случае входят:

- здание насосной;
- насосы с приводом и трубопроводной обвязкой;
- узлы задвижек;
- детали трубопроводных коммуникаций;
- контрольно-измерительная аппаратура;
- вентиляционные устройства;
- освещение;
- отопление;
- водопровод;
- канализация.

Примерные затраты на восстановление либо приобретение вышеперечисленных составляющих наливной станции сведем в таблицу 10.7.

Таблица 10.7. Смета затрат на восстановление станции в случае пожара

Статьи расходов	Сумма, руб.
Восстановление здания	3000000
Потеря нефти	2500000
Насосы в комплекте с приводами	500000
Узлы задвижек	200000
Детали трубопроводных коммуникаций	100000
Контрольно-измерительная аппаратура	1000000
Вентиляционные устройства	200000
Освещение, отопление, водопровод, канализация	500000
Монтажные материалы	500000
Оплата труда работников	300000
Прерывание рабочей деятельности	1000000
Прочие затраты	200000
Итого	10 000 0000

По примерным расчетам сумма затрат на восстановление станции в случае пожара превышает затраты на систему пожаротушения почти в 5 раз. Данный показатель свидетельствует о целесообразности установки подобной системы, о ее необходимости и значимости.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Dmitrienko M.A., Nyashina G.S., Strizhak P.A. Constancy of organic coal-water fuel compositions // European Physical Journal Web of Conferences. 2016. – V. 110. – 01016, 6 p.
2. Dmitriyenko M.A., Nyashina G.S., Zhdanova A.O., Vysokomornaya O.V. Experimental investigation of droplet evaporation of water with ground admixtures while motion in a flame of liquid fuel // European Physical Journal Web of Conferences. – 2016. – V. 110. – 01046, 4 p.
3. Nyashina G.S., Medvedev V.V., Shevyrev S.A., Vysokomornaya O.V. Experimental evaluation the effectiveness of water mist fire extinguishing systems at oil and gas industry // European Physical Journal Web of Conferences. – 2016. – V. 110. – 01047, 4 p.
4. Няшина Г.С. Информационно-измерительная подсистема в структуре микропроцессорной системы автоматики нефтеперекачивающей станции «Парабель» // Сборник материалов XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», посвященного 70-летию Победы советского народа над фашистской Германией, г. Томск. – 2015. – Т. 2. – С. 586-587
5. Няшина Г.С. Экспериментальная оценка эффективности применения тонкораспыленной воды в автоматизированных системах пожаротушения на объектах нефтепроводного транспорта // Сборник материалов XIX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», посвященного 70-летию Победы советского народа над фашистской Германией, г. Томск. – 2015. – Т. 2. – С. 588-589
6. Glushkov D.O., Nyashina G.S., Strizhak P.A., Volkov R.S. Experimental evaluation of the effectiveness of water mist automated fire extinguishing systems for oil transportation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – V. 27. – 012063, 6 p.

7. Glushkov D. O., Nyashina G.S., Vershinina K. Yu. Assessment of the stability of condensed solid substance ignition by a hot particle // MATEC Web of Conferences. – 2015. – V. 23. – 01049, 6 p.
8. Dmitrienko M.A., Zhdanova A.O., Nyashina G.S. he Characteristics of water droplet evaporation in the flames of various flammable liquids // MATEC Web of Conferences. – 2015. – V. 23. – 01066, 6 p.
9. Жданова А. О., Забелин М. В., Няшина Г. С., Стрижак П. А. «Трассерная» визуализация экспериментов по исследованию движения распыленной воды через высокотемпературные газы // Фундаментальные исследования. – 2014. – №. 9-6. – С. 1225-1229
10. Nyashina G.S., Effectiveness of water mist in the functioning of automatic fire extinguishing systems // MATEC Web of Conferences. – 2015. – V. 37. – 01038, 3 p.
11. Nyashina G.S., Glushkov D.O. Information measuring subsystem oil pumping station «Parabel» // MATEC Web of Conferences. – 2014. – V. 19. – 01013, 4 p.